

## Procedure to impregnate winding insulation of electrical high voltage machine

**Patent number:** DE19818105  
**Publication date:** 1999-10-28  
**Inventor:** GOLBIG WOLFGANG (DE); KLOTSCH HOLGER (DE); PARTZSCH THOMAS (DE); WIELAND GUENTHER (DE)  
**Applicant:** PARTZSCH THOMAS (DE)  
**Classification:**  
- **International:** H02K15/12  
- **European:** H02K15/12  
**Application number:** DE19981018105 19980423  
**Priority number(s):** DE19981018105 19980423

### Abstract of DE19818105

Using vacuum process divided in two temporal phases, a flooding phase and a vacuum hold time phase. The impregnation involves a two-phase vacuum procedure. In the flooding phase the impregnation boiler undergoes an absolute pressure slightly above the vapour pressure of monomer component of the resin. The duration of the flooding phase depends on the resin. After this, in the vacuum hold time phase, the pressure during impregnation temperature is higher than the vapour pressure of the monomer component of the resin. The impregnation temperature is 23 degrees centigrade plus/minus 3 degrees.

---

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 18 105 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>  
**H 02 K 15/12**

②① Aktenzeichen: 198 18 105.1  
②② Anmeldetag: 23. 4. 98  
④③ Offenlegungstag: 28. 10. 99

DE 198 18 105 A 1

⑦① Anmelder:  
Partzsch, Thomas, Dipl.-Ing., 04720 Döbeln, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Patentanwälte Ilberg und Weißfloh, 01309 Dresden

⑦② Erfinder:  
Antrag auf Teilnichtnennung  
Partzsch, Thomas, Dipl.-Ing., 04720 Döbeln, DE;  
Golbig, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing., 01277 Dresden,  
DE; Klotsche, Holger, Dipl.-Ing., 04720 Döbeln, DE;  
Wieland, Günther, Dipl.-Ing., 01237 Dresden, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Verfahren zur Imprägnierung der Wicklungsisolierung elektrischer Hochspannungsmaschinen

⑤⑦ Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Imprägnierung von Wicklungsisolierungen elektrischer Hochspannungsmaschinen zu finden, das trotz diskontinuierlicher Fertigung über einen langen Zeitraum eine ausreichende Harzstabilität garantiert, die Qualitätsanforderungen der fertigen Isolierung mit den bisher üblichen Verfahren auf Epoxidharzbasis vergleichbar sind, mit niedrigeren Temperaturen als bisher üblich arbeitet und preisliche Vorteile bietet.

Das erfindungsgemäße Verfahren, bestehend aus Vortrocknungs-, Vakuum- und Druckprozeß, zur Imprägnierung der Wicklungsisolierungen elektrischer Hochspannungsmaschinen mit Imprägnierharzen, die niedrig siedende, leicht flüchtige Bestandteile enthalten, insbesondere Harze auf Polyesterimid-Basis, mit reaktivem Monomerenanteil, ist im Vakuumprozeß in zwei zeitliche Phasen, die Flutung und Vakuumhaltezeit mit unterschiedlichem Vakuum unterteilt, wobei in der Flutungsphase des Vakuumprozesses der Imprägnierkessel mit einem absoluten Druck beaufschlagt ist, und dieser Druck bei Imprägniertemperatur nur wenig über dem Dampfdruck des Monomerenanteils des Harzes liegt und die Flutungsphase harzabhängig zeitlich gesteuert ist, danach in der Vakuumhaltezeitphase im Imprägnierkessel der Druck bei Imprägniertemperatur wesentlich höher als der Dampfdruck des Monomerenanteils im Harz ist und die Imprägniertemperatur 23°C  $\pm$  3°C beträgt.

Anwendungsgebiet der Erfindung ist der Elektromaschinenbau.

DE 198 18 105 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Imprägnierung der Wicklungsisolierungen elektrischer Hochspannungsmaschinen im VPI-Verfahren, wobei Imprägnierharze verwendet werden, die leicht flüchtige Bestandteile, insbesondere reaktive Monomere enthalten.

Es ist bekannt, Wicklungsisolierungen elektrischer Hochspannungsmaschinen, die saugfähige Glimmerpapier-Glas-seidengewebe-Isolierbänder enthalten, in einem Verfahren, das aus Vakuum-Druckprozessen besteht, mit Imprägnierharzen zu imprägnieren (VPI-Verfahren).

Für die Qualität der nach der Imprägnierung und Aushärtung der Harze erhaltenen Isolierung ist es von ausschlaggebender Bedeutung, daß die vor der Imprägnierung in der Isolierung vorhandenen Hohlräume weitestgehend restlos mit Harz ausgefüllt werden.

Entscheidend für eine gute Harzfällung und einen damit verbundenen niedrigen Anteil an verbleibenden Hohlräumen (Resthohlraumgehalt) ist ein möglichst niedriges Vakuum während des Vakuumprozesses, besonders vor und während der Flutungsphase (auch als Harzeinzug in den Imprägnierkessel bezeichnet), sowie eine dem Saugvermögen der Isolierbänder angepaßte Viskosität der Imprägnierharze.

Üblicherweise werden derzeit, ausgehend von langjährigen Betriebserfahrungen, überwiegend Imprägnierharze auf Basis spezieller Epoxidharze, die der Vakuumbeanspruchung ohne nachteilige Folgen (z. B. Blasenbildung durch ausdampfende flüchtige Bestandteile) widerstehen, eingesetzt, wobei die Viskosität ausnahmslos durch die Wahl der Imprägniertemperatur geregelt wird und bei diesen Harzen bekannterweise 50°C–70°C beträgt.

Nachteilig bei diesem bekannten VPI-Verfahren ist, daß

- a) für die Viskositätsregulierung relativ hohe Imprägniertemperaturen notwendig sind, die einen außerordentlich hohen apparativen Aufwand erfordern. Gleichzeitig verursachen die hohen Imprägniertemperaturen einen stetigen Viskositätsanstieg des Harzes infolge Vernetzung. Erforderlich ist deshalb die Lagerung bei niedrigen Temperaturen in den durch diskontinuierliche Fertigung bedingten Pausenzeiten. Aufheiz- und Abkühlprozesse, sowie Kühlagerung sind mit hohem Energieaufwand verbunden.
- b) aufgrund der Eigenschaftsanforderungen entsprechend dem bekannten Stand der Technik spezielle Epoxidharze verwendet werden müssen, deren Preis relativ hoch ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde ein Verfahren zur Imprägnierung von Wicklungsisolierungen elektrischer Hochspannungsmaschinen zu finden, das trotz diskontinuierlicher Fertigung über einen langen Zeitraum eine ausreichende Harzstabilität garantiert, die Qualitätsanforderungen der fertigen Isolierung mit den bisher üblichen Verfahren auf Epoxidharzbasis vergleichbar sind, mit niedrigeren Temperaturen als bisher üblich arbeitet und preisliche Vorteile bietet.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den Patentanspruch gelöst. Der Einsatz von Imprägnierharzen auf Polyesterimid-Basis mit reaktiven Monomerenanteil ist bislang bei VPI-Verfahren nicht erfolgt, weil während des Vakuumprozesses aufgrund des hohen Dampfdruckes des Monomerenanteils partielles, oberflächliches Abdunsten oder sogar Ausdampfen des Monomerenanteils unter Blasenbildung im Imprägnierharz von den Sachkundigen befürchtet wurde. Dabei würde sich gleichzeitig die stöchiometrische Bilanz in nicht akzeptabler Weise ändern. Weiterhin existieren Be-

denken, daß durch die bei diesen Harzen beim Imprägnierprozeß anwendbaren Vakua der Resthohlraumgehalt in der Isolierung nicht unter einen unkritischen Wert fällt. Entgegen diesen Bedenken wurde gefunden, daß bei der gewählten niedrigen Imprägniertemperatur beim Vakuumprozess selbst bei absolutem Druck im Bereich des Dampfdruckes des eingesetzten Monomerenanteils während einer bestimmten Zeitdauer nur geringe, vernachlässigbare Anteile des Monomeren abdunsten und kein Ausdampfen eintritt. Dieser Effekt wird dahingehend ausgenutzt, daß der Vakuumprozess abweichend vom Stand der Technik in zwei Phasen mit unterschiedlichem Vakuum unterteilt wird, um die Monomerenverluste zu minimieren.

Der Vakuumprozeß wird daher erfindungsgemäß in zwei Phasen unterteilt, wobei das Vakuum während der Flutungsphase im Bereich des Dampfdruckes des angewendeten Monomerenanteils liegt, die Flutungsphase harzabhängig zeitlich gesteuert ist und anschließend das Vakuum auf einen Wert erhöht wird, der wesentlich oberhalb des Dampfdruckes des Monomerenanteils liegt. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, daß bei einer Durchführung des technologischen Prozesses bei Raumtemperatur entsprechend dem nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiel der Resthohlraumgehalt in Isolierungen mit Imprägnierharzen auf Basis Polyesterimid mit reaktiven Monomerenanteil im Sinne einer Optimierung des technologischen Prozesses weiter minimiert werden kann und Isolierungen erhalten werden, die dem mit klassischen Epoxidharzen erzielten Eigenschaftsprofil, insbesondere auch im Verlustfaktoranstieg als Funktion der Spannung ( $\tan \delta = f(U)$ ) als Kriterium für den in der Isolierung nach Imprägnierung und Aushärtung vorhandenen Resthohlraumgehalt, äquivalent sind.

Die Erfindung soll nachstehend in einem Ausführungsbeispiel näher beschrieben werden. Das im erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzte Imprägnierharz ist Polyesterimidharz mit einem Anteil des Monomers Vinyltoluol (Anteil > 25%). Vor dem Imprägnierprozeß erfolgt zunächst ein Vortrocknen der Wicklungsisolierungen bei einem Druck  $p < 1$  mbar. Im erfindungsgemäßen Imprägnierprozeß wird der absolute Druck während der Flutungsphase auf  $p = (3+1)$  mbar eingestellt. Bei obiger Harzkombination wird die Zeitdauer der Flutungsphase kleiner als 30 min gesteuert. Danach wird für die Vakuumhaltezeitphase der absolute Druck auf einen Wert von  $p = (15 \pm 5)$  mbar eingestellt. Die Vakuumhaltezeit beträgt ca. 90 min. Nach dem Imprägnierprozeß erfolgt ein Druckprozeß wie bislang bei bekannten Verfahren üblich mit einem Druck von  $p = (4 \pm 0,1)$  bar für einen Zeitraum bis 120 min. Der gesamte Imprägnierprozeß erfolgt bei Raumtemperatur, d. h. die Harztemperatur liegt bei  $23^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ .

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht neben der Kostensenkung für die eingesetzten Stoffe einen verringerten Apparatenaufwand sowie wesentliche Energieeinsparungen bei gleicher Qualität und Lebensdauer der Wicklungsisolierung im Vergleich zu bekannten Verfahren.

## Patentansprüche

Verfahren zur Imprägnierung der Wicklungsisolierungen elektrischer Hochspannungsmaschinen mit Imprägnierharzen, die niedrig siedende, leicht flüchtige Bestandteile enthalten, insbesondere Harze auf Polyesterimid-Basis, mit reaktiven Monomerenanteil, bestehend aus Vortrocknungs-, Vakuum- und Druckprozeß, dadurch gekennzeichnet,

- daß der Vakuumprozeß in zwei zeitlichen Phasen Flutung und Vakuumhaltezeit mit unterschiedlichen Vakuum unterteilt ist,

- daß in der Flutungsphase des Vakuumprozesses der Imprägnierkessel mit einem absoluten Druck beaufschlagt ist, wobei dieser Druck bei Imprägniertemperatur nur wenig über dem Dampfdruck des Monomerenanteils des Harzes liegen, 5
- daß die Flutungsphase harzabhängig zeitlich gesteuert ist,
- daß danach in der Vakuumhaltezeitphase im Imprägnierkessel der Druck bei Imprägniertemperatur wesentlich höher als der Dampfdruck des 10 Monomerenanteils im Harz ist
- und daß die Imprägniertemperatur  $23^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$  beträgt.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -